

L'AGROMÉTÉOROLOGIE
ET LA PROTECTION DES CULTURES
DANS LES ZONES SEMI-ARIDES



GENÈVE 1988

ROLE DU FACTEUR HYDRIQUE SUR LA DYNAMIQUE DE QUELQUES INSECTES RAVAGEURS DU MIL AU SENEGAL

B. VERCAMBRE
Division d'Entomologie
CIRAD/IRAT-REUNION

I- INTRODUCTION

Les relevés climatiques des 20 dernières années ont montré que le Sahel est agronomiquement une zone à risque, du fait des déficits pluviométriques liés à des remontées limitées du FIT (Front Intertropical de convergence), générateur de la saison des pluies.

L'avenir aléatoire des cultures, entraînant de dures disettes alimentaires, s'est aggravé encore par les pertes de productions dues à diverses pullulations d'insectes ravageurs apparemment nouveaux (sauteriaux, chenilles des chandelles,...) (24) (29).

A travers les études faites sur certains ravageurs du mil (*Acigona*, *Raghuva*, *Geromyia*, *Amsacta*, *Spodoptera*) au CNRA de Bambey, en coopération avec l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) durant la période 1973-1977, il est fait état des résultats en rapport avec certains facteurs abiotiques (notamment le facteur hydrique) permettant d'évoquer un certain nombre d'hypothèses dont il serait utile de débattre lors de ce colloque.

II- ETUDES REALISEES SUR CERTAINS RAVAGEURS DU MIL AU SENEGAL

1- Le foreur des tiges : *Acigona ignefusalis* Hampson

1.1. Fréquence

Ce ravageur a représenté 90 % des relevés effectués entre 1973-1976 (95 dissections). Il apparaît donc une grande stabilité quant à la présence dominante de ce foreur des tiges de mil en Afrique de l'Ouest car des conclusions semblables sont signalées par divers auteurs (20) (4) (16) (17).

1.2. Données bio-écologiques

a. dynamique des populations actives

En ce qui concerne les observations réalisées dans le Centre Sénégal, on remarque :

- début Juillet : reprise de développement des chenilles en état de quiescence les plus avancées lorsque les pluies atteignent 10 mm. Pour que l'ensemble des populations larvaires évoluent, il semble nécessaire qu'il pleuve 50-60 mm de pluies cumulées, donnant alors naissance à une première génération d'hivernage, plus ou moins étalée.

- une 2ème génération survient début Septembre, la plus abondante et la plus dangereuse, rentrant partiellement en diapause, suivie d'une 3ème génération vers la mi-Octobre avec diapause larvaire totale (Figures 1 et 2) (3) (4) (5).

b. phase de diapause

En première analyse, la mise en diapause pourrait être sous la dépendance des jours décroissants dont la photophase passe en dessous de 12 heures/jour. Elle va durer 5 à 8 mois, certaines larves pouvant évoluer expérimentalement dès la mi-Avril sous l'influence d'un apport d'eau (13).

Ce phénomène de repos de développement permettra aux chenilles réfugiées dans les tiges de mil conservées pour la construction des cases ou des haies, de servir d'inoculum l'année suivante, d'autant que la position dressée des tiges limite la mortalité naturelle.

1.3. Importance des dégâts - Niveau des pertes - Méthodes de lutte

Des essais insecticides réalisés sur des semis de début d'hivernage, réalisés en sec, n'ont pas révélé de gain de rendement appréciable, relatif aux infestations du foreur. A part quelques cas particuliers (cultures isolées, cultures plantées près des cases,...), les méthodes culturales adoptées par les agriculteurs ont minimisé les pertes, même en cas de dégâts apparemment graves (ex. : 50 à 80 % de tiges attaquées, tiges cassées avec chandelles pleines,...) :

- semis en sec et groupés :

- . dilution de la première génération
- . croissance optimale de la plante profitant de toutes les pluies et ne prenant pas de retard vis-à-vis des insectes ravageurs qui rentrent en phase active dès les premières pluies

- sélection d'une variété de mil de type "Souna" :

- . cycle de 90-95 jours
- . tallage important qui permet en partie l'évitement de la 2ème génération s'attaquant préférentiellement au stock de tiges non fructifères
- . tiges épaisses, minimisant l'effet des galeries du foreur, n'empêchant pas le remplissage des grains grâce à un système libéro-ligneux développé et sans doute ramifié à l'image d'autres céréales (28).

Il apparaît donc ici un cas intéressant d'équilibre entre un ravageur et sa plante hôte favorisé par les choix opérés par les agriculteurs. Sous l'action des pluies erratiques, certaines pratiques ont évolué, notamment les semis en sec et groupés (18) pouvant aboutir à une aggravation des dommages dus à ce ravageur. On peut alors conseiller le retour aux méthodes traditionnelles avec conservation d'un double stock de semences en vue d'un resemis éventuel. Ce stock serait de l'ordre de 4 à 8 kg de grains/ha (soit 7 à 14 kg d'épis de mil de bonne qualité). Les services de Météorologie participeraient à la recommandation des dates de semis en fonction des probabilités de pluviométrie favorable.

2- Les chenilles des chandelles : *Raghuva* spp - *Masalia nubila* Hampson

2.1. Fréquence

Selon les pays, les agriculteurs leur ont réservé une dénomination spécifique (11) (22) soulignant le statut particulier de ces ravageurs qui ont pris un caractère explosif à partir de 1974, après quelques années de déficit pluviométrique marqué (CNRA de Bambey : entre 300 à 400 mm entre 1968 et 1972) (26) (29).

Il s'agit vraisemblablement d'un complexe d'espèces ou de sous-espèces dont l'une des principales est *Raghuva albipunctella* (23) (26).

2.2. Données bio-écologiques

La biologie annuelle de ce ravageur comporte 2 périodes : une phase de développement actif épigée durant la saison humide, constituée des stades ovo-larvaires d'une seule génération, interrompue par une diapause hypogée au début nymphal durant la saison sèche.

La diapause débute dès la fin septembre touchant 90-95 % des populations de chenilles, malgré des conditions encore momentanément favorables. Le facteur avertisseur principal pourrait être encore une photophase inférieure à 12 heures quotidiennes atteintes par jours décroissants.

Après un repos d'une durée de 6 à 8 mois et dont nous avons pu estimer expérimentalement l'achèvement dès la fin avril pour les individus les plus précoces, le développement des chrysalides paraît inhibé par le manque d'eau (quiescence). Dès la reprise des pluies, la morphogénèse des adultes débute après une phase physiologique d'une quinzaine de jours.

De ce fait, le vol des adultes commence 4 à 5 semaines après les premières pluies importantes de la saison humide et dure 1,5 à 2 mois. Cette période correspond à l'épiaison et va jusqu'à la floraison du mil (stade phénologique correspondant à la ponte du ravageur) de type Souna dont la croissance débute également avec les premières précipitations (Figures 1 et 2).

Quelle que soit la date des premières pluies significatives (fin juin 1983 ou mi-juillet 1974 au CNRA de Bambey), les vols importants se situent entre le 15/8 et le 15/9 (30) (8).

2.3. Importance des dégâts - Niveau des pertes - Méthodes de lutte

Selon le stade phénologique de la chandelle du mil et l'âge de la chenille qui y vit, le dégât consiste en une destruction de la fleur, une section du pédoncule floral, une destruction partielle ou totale des grains en formation. La perte est donc directement corrélée avec les dégâts devenant graves en cas de pullulations qui dépendent essentiellement des conditions édaphiques (sol-eau), de la variété à la date d'épiaison du mil. Ainsi au

Sénégal, les dommages se sont concentrés dans la zone réunissant les caractères suivants : déficit hydrique, sols légers* et poreux, présence de mil de type "Souna" (cycle de 85-95 jours). De ce fait, la limite d'attaque dans le Sud passe par une ligne supérieure à 13° de latitude Nord. Compte tenu de la variation de la pluviométrie, il est difficile de relier une zone de dommage intense à une isohyète particulière, ceci pouvant être un sujet d'étude à débattre. Durant notre étude, il a paru que la zone attaquée gravement, s'étendait de part et d'autre de l'isohyète 500 mm en 1974, année de pullulations majeures et ceci du Sénégal au Soudan (2) (27) (30).

Quantitativement, on peut estimer les degrés d'attaque et pertes correspondantes aux niveaux suivants pour le Sénégal (30) :

- dès 1970, présence des ravageurs dans les essais de mil sélectionnés pour leur précocité au CNRA Bambey.

- 1973 : 5 à 10 % des chandelles attaquées (CNRA Bambey).

- 1974 : on a dénombré jusqu'à 300 000 chenilles sur 50 à 60 000 chandelles de mil "Souna" dont 95 % présentaient des traces d'attaque.

Les pertes moyennes ont pu être évaluées à 20 % de la production nationale du Sénégal, avec des différences selon les régions (région de Diourbel : 34,8 % - région du Sine Saloum, sans le département de Fatick : 13,3 %, département de Fatick : 30 %).

- 1975-76 : les pertes ont diminué progressivement 10 à 5 % ;

Par la suite, un autre cycle a été mis en évidence (8) :

- 1982 : pertes de 40 % (région de Nioro), 20 % (région de Sokone), 5-10 % (région de Gossas)

- 1983 : pertes de 15 à 20 %

- 1984 : pertes de 10 %

Il serait d'un grand intérêt de comparer les situations dans divers pays, aussi précisément que possible.

Au Sénégal, ils correspondent au sol "dior" ou "deck" et intermédiaires (texture sableuse à 90-95 % de sables). Pour les sols "dior", la porosité atteint 40-45 % sous culture, la rétention d'eau pondérale maximale atteignant 8-10 %. Les sols "deck" sont plus argileux.

Les méthodes de lutte sont diverses, mais difficiles à mettre en oeuvre techniquement et/ou économiquement. L'utilisation de variétés à forte densité florale (30) (8), avec attention spéciale à la qualité des semences, serait une parade efficace pouvant être généralisée. L'enrichissement en organismes utiles (ex. Trichogrammes (avant les dégâts),

Habrobracon hebetor (1), pour diminuer les populations l'année suivante) ou certains traitements insecticides pourraient parfois être utilisés (8). Ces méthodes de lutte demandent à être préparées avant les pullulations, d'où l'importance des prévisions.

3- La cécidomyie des fleurs : **Geromyia penniseti** Felt.

Ce diptère nuisible a été étudié par COUTIN et HARRIS (9).

3.1. Fréquence

Ce ravageur, longtemps passé inaperçu, est très répandu en Afrique sahélienne et subtropicale, du Sénégal au Soudan, provoquant des pertes importantes et régulières dans certaines configurations de cultures (semis tardifs).

3.2. Données bio-écologiques

a. dynamique des populations actives

Il peut se succéder 4-5 générations en hivernage (cycle de 13 jours environ à 25-30 °C) au cours de l'épiaison des mils après reprise de développement très graduelle sous l'influence des premières pluies de saison humide.

Les populations infestantes diminuent par l'effet conjugué des entomophages et de la diapause s'installant en fin de saison des pluies.

b. phase de diapause

Celle-ci dure plusieurs mois, voire plusieurs années si l'on en juge par rapport à une cécidomyie comparable (10). Par le biais de ce mécanisme physiologique, la sortie des adultes infestants débute 45-50 jours après les premières pluies, mais ne pullulent qu'à la 2ème ou 3ème génération (3 semaines plus tard, soit début ou mi-Septembre selon la date de début d'hivernage).

3.3. Importance des dégâts - Niveau des pertes - Méthodes de lutte

Un retard de 15 jours dans le semis du mil après les premières pluies entraîne une multiplication de la pression parasitaire d'un facteur de 50 à 100, pouvant être à l'origine d'une perte de 40-50 % par chandelle de mil, dans la mesure où la larve se nourrissant au détriment de l'ovaire, opère une destruction directe.

La gradation des populations est annuelle et le choix des techniques culturales déjà souligné (cycle de 90 jours - semis précoces et groupés) permet de rendre les pertes négligeables (9) (3) (Figures 1 et 2).

4- La chenille poilue du Niébé : *Amsacta moloneyi* Drc.

4.1. Fréquence

Rencontrée tous les ans, sa polyphagie entraîne une dispersion de ses attaques sur de nombreuses plantes hôtes cultivées (niébé, arachide, mil,...) ou non (*Commelina*,...)

4.2. Données bio-écologiques

Le vol des adultes a lieu quelques jours après les premières pluies, un repos de développement durant la saison sèche intervenant dans le sol, en fin de stade nymphal. Selon les années, on observe 1 ou 2 vols. Ainsi durant la série 1974-1977, on a assisté au passage de *A. moloneyi* du statut monovoltin (1974 - Figure 1) au statut bi-voltin, d'abord peu important (1975 - Figure 2), puis très important (1976-1977) (25). D'après N'DOYE (25), une pluie de 4 mm en début Juin ne déclenche pas le vol du ravageur, alors que c'est le cas pour une pluie de 7 mm en fin Juillet sur les sites de Louga et Sakal, ou une pluie de 11 mm en mi-Juillet au CNRA de Bambey. En 1974 et 1975, des pluies de 11,9 et 13,0 mm du 12/7 et 7/7 respectivement ont provoqué le début des vols (Figures 1 et 2).

4.3. Importance des dégâts - Niveau des pertes - Méthodes de lutte

Durant notre étude, elle n'a pris un caractère de gravité qu'en 1977 sur mil, où de nombreuses feuilles ont été dilacérées. Bien que les plants ne soient pas définitivement détruits, il en résultait un retard de végétation préjudiciable à la production.

5- Chenilles légionnaires : *Spodoptera exempta* Wlk.

5.1. Fréquence

Pratiquement inexistante de 1973 à 1976, on a noté une invasion soudaine en début Juillet 1977.

5.2. Données bio-écologiques

Une étude de synthèse a été conduite par HAGGIS (19). Cette espèce n'a pas de diapause connue et sa dynamique a été expliquée par des mouvements migratoires liés aux pluies et aux vents engendrés par le F.I.T., à partir de zones où se maintiendraient des populations résiduelles. L'auteur constate que l'année 1977 fut une année exceptionnelle en ce qui concerne l'extension de ce ravageur dans l'Afrique entière. Il est par ailleurs étonnant que cet insecte fit aussi irruption de manière exceptionnelle dans une contrée aussi éloignée que la Nouvelle Calédonie en 1978, alors qu'elle y était inconnue (12).

5.3. Importance des dégâts - Niveau des pertes - Méthodes de lutte

Leur présence a coïncidé avec le début de croissance du mil et une période de sécheresse ; il s'ensuit une défoliation sévère, certains plants étant complètement rasés, nécessitant un resemis dans les champs très attaqués.

III- DISCUSSION

A la lumière de ce qui précède, plusieurs points peuvent être soulignés et débattus :

+ analogie des phénomènes de régulation des populations des insectes ravageurs entre les régions tropicales sèches et les régions tempérées :

. diapause :

. initiation : jusqu'à des latitudes de 12°, possibilité qu'une photophase de 12 heures/jour atteinte par jour décroissant soit un facteur avertisseur majeur (ex. **Acigona - Raqhuva**) (30). Cette éventualité a également été avancée dans le cas de la diapause des oeufs de sautériaux (14) (21).

. élimination : le facteur impliqué pour lever la diapause et provoquer ensuite le développement biologique des insectes correspondrait au facteur le plus contraignant de chaque type d'écologie : facteur température pour les conditions tempérées, facteur hydrique pour les conditions tropicales sèches.

. quiescence : cette diapause, éliminée après un certain temps de "sécheresse", serait levée vers Avril (**Acigona, Raghuva**) et se poursuivrait par une quiescence (repos de développement en conditions défavorables), les premières pluies de saison humide entraînant une reprise de développement immédiate, même si la sortie des adultes est plus ou moins différée (**Amsacta, Acigona, Raghuva, Geromyia**).

. migration : des phénomènes migratoires importants (vol Sud → Nord au printemps, de l'Egypte jusqu'en Angleterre ; vol Nord → Sud en automne) ont été observés en ce qui concerne les noctuelles méditerranéo-européennes (7). Les travaux concernant l'Afrique de l'Est montrent des phénomènes identiques (6). En Afrique de l'Ouest, ces invasions semblent plus rares. On en reste au niveau des hypothèses en ce qui concerne leur déterminisme, mais les conditions météorologiques (pluies-vent) sont déterminantes.

- Distinction entre 2 groupes d'insectes :

. ceux à présence constante, dont la dynamique peut s'expliquer par des facteurs abiotiques locaux. Compte tenu de cette pression régulière, les agriculteurs ont adopté des techniques culturales qui minimisent les pertes de production, parfois de manière très efficace (**Acigona - Geromyia**).

- ceux à présence irrégulière, mais dont les pullulations brutales ont des conséquences graves (chenilles des chandelles, chenilles légionnaires) devant lesquels les agriculteurs sont démunis. Cette catégorie de ravageurs est donc celle qui nécessite un effort particulier de prévisions.

+ Etude du cas des chenilles des chandelles (*Raghuva* spp.)

- Problème de l'origine des pullulations :

On remarque que l'accroissement des populations de chenilles des chandelles fut perceptible dès 1973, dans l'ensemble des régions du Sahel, touchées gravement par la sécheresse de 1972. Quelques années auparavant, ces insectes avaient été observés sporadiquement, sans que des dégâts notables soient signalés. Il semble donc que la sécheresse ait joué un rôle primordial dans l'explosion des ravageurs qui a suivi. De plus, le retour à une pluviométrie plus importante, même si elle n'atteignit pas la moyenne, s'accompagna d'un retour à l'équilibre antérieur. Amorcé dès 1975, au Sénégal, il s'est poursuivi jusqu'au terme de notre séjour (1978).

D'autres cas de pullulations inhabituelles d'insectes ont été étudiées durant la même période notamment celle de sautériaux. Depuis 1973, il a été noté d'importantes concentrations de ces déprédateurs dans les zones sahéliennes, ayant provoqué également des dégâts sur culture. Une étude très détaillée réalisée par l'équipe du Programme de Recherches Interdisciplinaires Français sur les Acridiens du Sahel (PRIFAS) a permis de relier ces infestations à la position du Front Inter Tropical (F.I.T.) (14, 24). Ce F.I.T., limite entre les masses d'air tropicales et équatoriales, correspond à la progression des systèmes nuageux conditionnant l'apparition des premières pluies, puis l'importance et la persistance de la saison humide. C'est la stagnation du F.I.T. à une latitude plus basse que normale qui fut à l'origine de la sécheresse catastrophique du Sahel en 1972. Or, d'après les auteurs précédents, d'importantes populations de sautériaux auraient été bloquées au Sud du F.I.T., ce qui entraîna la concentration de pontes dans les sites favorables. Leurs éclosions simultanées auraient provoqué les pullulations observées. La sédentarité des sautériaux n'est pas totale et leurs déplacements, avoisinant quelques centaines de kilomètres (cas d'*Oedaleus senegalensis*), seraient à l'origine des dégâts constatés sur des surfaces cultivées importantes (21). D'autres migrations d'insectes tropicaux en fonction du front des pluies ont été étudiées : *Dysdercus* spp. Hemipt. Pyrrhocoridae (15) ; *Spodoptera exempta*, Lep. Noctuidae (6).

Notre interprétation du développement des attaques des chenilles des chandelles repose également sur la position du F.I.T., mais le phénomène se développant dans ce cas sur sa face Nord. En effet, la plupart des espèces de *Raghuva* sont décrites des régions sub-désertiques. La stagnation du F.I.T. à une basse latitude aurait alors élargi le domaine climatique favorable aux espèces étudiées. Cela a pu entraîner le déplacement de *Raghuva*, habituellement cantonné sur les maigres pâturages de graminées sauvages bordant le désert vers les zones cultivées traditionnelles. Les cultures de mil auraient offert un substrat alimentaire particulièrement nutritif et abondant, expliquant un développement aussi subit que considérable.

Ces facteurs, nécessaires, n'auraient pu être suffisants s'ils n'avaient été assortis d'un certain nombre d'autres conditions favorables. Parmi celles-ci, citons :

- . l'arrêt précoce des pluies qui pourrait indirectement être un autre facteur important. Sous l'action de ce dernier, les sélectionneurs ont remarqué que le cycle des variétés de mil traditionnelles avaient tendance à se raccourcir l'année suivante. Le stade épiaison-floraison serait alors avancé (1 semaine) et concorderait plus exactement à l'époque d'émergence des adultes.

- . la nature du sol des zones infestées qui est également primordiale. Pour que la chenille puisse s'enfouir sous terre et que l'adulte puisse émerger, il faut que le sol soit meuble et humide. Il faut, d'autre part, qu'il soit très perméable pour éviter l'asphixie en cas d'averses violentes. Le sol "dior" précédemment défini répond à cette condition.

Au Sénégal, les zones principales d'attaques des chenilles correspondent à ce type de sol.

On constate que les pullulations correspondent à un état particulier d'équilibre du climat (pluies), du sol, de la plante hôte. Cela explique vraisemblablement le caractère épisodique des pullulations de *Raghuva* spp., le point d'équilibre étant épisodiquement obtenu.

+ Problème des causes entraînant l'effondrement des populations et problème des prévisions :

Les graves dommages de 1974 ont été précédés d'une année 1973 où les ravageurs étaient présents sans gravité. Le vol des adultes a été beaucoup plus important en 1975, et les premiers dégâts étaient préoccupants, mais les pertes effectives furent réduites. La figure 3 montre que le pourcentage de chandelles attaquées décroît moins vite que le pourcentage de grains détruits par chandelle. Cela confirme que les attaques, initialement importantes, ont été enrayées peu après ne faisant que peu de dégâts, ou que l'intensité d'attaque fut moindre (raisons physiologiques ?...).

Les auxiliaires naturels ne semblent pas suffisants pour expliquer cette évolution, malgré une action non négligeable. A ma connaissance, l'analyse des causes d'origine pathogènes n'a pas encore été complètement inventoriée (bactériose, mycoplasme, virus...), ainsi que les causes d'origine abiotiques (fortes pluies,...). Il semble qu'il y ait un mécanisme relativement répétitif (outre le cycle 1973-1976, on a enregistré le cycle (1982-1984).

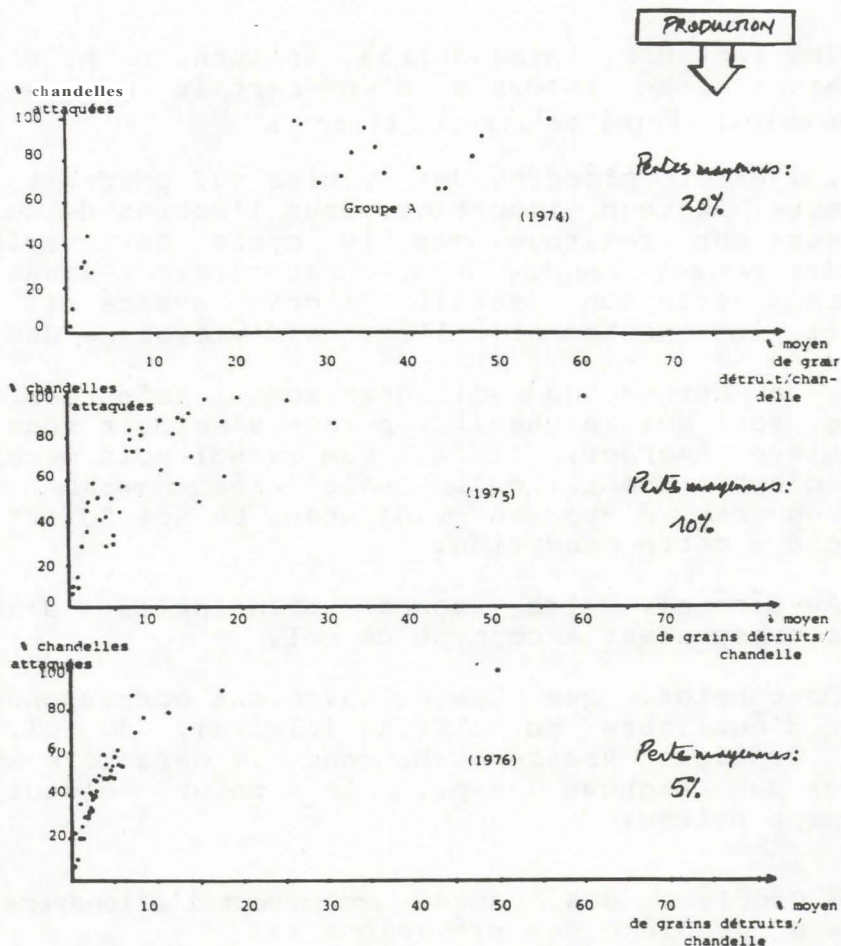


Figure 3 : Variation de l'importance des attaques des chenilles des chandelles (Sénégal, 1974-1976).

un point : 1 champ choisi au hasard
conditions: - même type de variété (traditionnel)
- même longueur de cycle
- même époque de comptage
- même zone

IV. CONCLUSIONS

Cette expérience des problèmes entomologiques du mil est limitée dans le temps et dans l'espace. Avec l'aide d'autres contributions, il sera peut être possible de mieux quantifier certaines approches encore floues. Il semble qu'un effort particulier soit nécessaire pour poursuivre les études expérimentales. Celles-ci doivent s'envisager dans un cadre pluridisciplinaire, compte tenu des nombreux points à étudier : entomologiste (taxonomie, écologie, physiologie), phytopathologue (maladies, ...), agronome, sélectionneur, agro-économiste, météorologiste. Ce dernier aura certainement à jouer un rôle majeur. Compte tenu de l'échelle des problèmes, il faudrait pouvoir agir au niveau des sous-continentaux, voire au niveau intercontinental et à ce niveau on peut penser à l'étude des relations entre les moussons indiennes et africaines (les représentants des chenilles des chandelles sont limités aux continents asiatique et africain). La situation se complique du fait que les facteurs abiotiques (eau principalement) et biotique s'imbriquent étroitement, ce qui confirme la nécessité du travail inter-disciplinaire si l'on veut parvenir à un système de prévision valable concernant des invasions irrégulières mais catastrophiques de certains insectes ravageurs.

BIBLIOGRAPHIE

1. BHATNAGER, V.S. (1985)
Aperçu sur la méthodologie de conservation et d'élevage de **Bracon hebetor** Say (Hyménoptère : Braconidae) en milieu paysan et les résultats préliminaires des lâchers contre les larves de **Raghuva albipunctella** De Joannis (Lepidoptera : Noctuidae) dans un champ de mil traditionnel au Sénégal (1985). In : "Réunion Régionale Technique Annuelle des Groupes de Travail, Projet CILSS de lutte intégrée". Praia (Cap Vert), 17-22, Mars 1985 - 8 pages.
2. BONZI, M., (1973)
Rapport Annuel 1973. Défense des cultures. Entomologie. Ministère du Développement Rural de l'Environnement et du Tourisme. Ronéo, 22 p. IRAT, Paris.
3. BRENIERE, J., COUTIN R., (1969)
Observations entomologiques sur les borers du mil au Sénégal Oriental. Ronéo, 15 p., IRAT, Paris.
4. BRENIERE, J. (1971)
Les problèmes de lépidoptères foreurs des graminées en Afrique de l'Ouest. Ann. Zool. Ecol. Anim., 3 : 287-296.
5. BRENIERE, J. (1974)
Mission d'investigation sur les foreurs du sorgho et du mil au Niger (16 au 17 Novembre 1974), 31 p. FAO, Division de la Production Végétale et de la Protection des Plantes, Rome.
6. BROWN E.S., DEWHURST C., (1975)
The genus **Spodoptera** (Lepidoptera, Noctuidae) in Africa and the Near East. Bull. Ent. Res., 65 (2) : 221-262.
7. CAYROL R., POITOUT S., ANGLADE P., (1974)
Etude comparée des caractères biologiques respectifs de quelques espèces de **Noctuidae** plurivoltines migrantes et sédentaires. I. Exposé des hypothèses de travail. Orientation des recherches entreprises. Ann. Zool. Anim., 6 : 1-10.
8. C.I.L.S.S. (1984)
Projet de lutte intégrée contre les ravageurs des cultures vivrières dans le Sahel. Rapport technique 1983. Ministère de la Recherche Scientifique et Technique, ISRA, Département de Recherches sur les Productions Végétales et Ministère du Développement Rural, Direction de la Protection des Végétaux, CNRA de Bambey, 173 p.
9. COUTIN R., HARRIS K.M., (1968)
The taxonomy, distribution, biology and economic importance of the millet grain midge, **Geromyia penniseti** (Felt), gen. n., comb. n. (Dipt, Cecidomyiidae). Bull. Ent. Res., 59 (2) : 259-273.

10. COUTIN, R. (1970)
Biologie de la cécidomyie du sorgho (*Contarinia sorghicola* Coq.)
et lutte chimique. *Phytiatrie-Phytopharmacie*, 19, 2, 65-83.
11. DE JOANNIS J., (1925)
Une nouvelle espèce de *Raghuva* Moore (Lep., Noctuidae,
Agrotinae) d'Afrique Occidentale. *Bull. Soc. Ent. France*, 15 :
257-260.
12. DELOBEL, A. (1978)
Une pullulation de *Spodoptera exempta* Walker sur la côte
occidentale de la Nouvelle-Calédonie (Lepidoptera, Noctuidae).
Cah. ORSTOM, sér. Biol. vol XIII, 4, p. 333-338.
13. DENLINGER, D.L., (1986)
Dormancy in tropical insects. *Ann. Rev. Entomol.* 31 : 239-264.
14. DURANTON, J.F., LAUNOIS, M., My Hanh LAUNOIS-LUONG, LECOCQ, M.
(1979)
Conséquences d'une meilleure connaissance de la bio-écologie des
acridiens du Sahel sur l'efficacité de la surveillance et de la
lutte anti-acridienne. In : *Congrès sur la lutte contre les
insectes en milieu tropical*, Marseille, France, 13-16 Mars, p.
691-704 et 721-723.
15. DUVIARD, D. (1977)
Migration of *Dysdercus* spp. (Hemiptera : Pyrrhocoridae) related
to movements in the Inter-Tropical Convergence Zone in West
Africa. *Bull. Ent. Res.*, 67 : 2, 185-204.
16. GAHUKAR, R.T. (1978)
Control strategies for the major pests of sorghum and millets in
West Africa. In : *Proc. AAASA 3rd General Conference*, Ibadan,
Nigeria, Vol. III, pp. 169-189.
17. GAHUKAR R.T., BOS, W.S., BATHNAGAR, V.S., DIEME, E., BAL, A.B.,
FYTIZAS, E. (1986)
Acquis récents en Entomologie du mil au Sénégal. In : "Document
présenté à la Réunion d'Evaluation du Programme Mil, Bambey, 19-
21 Mars 1986." Ministère du Développement Rural, ISRA,
Département de Recherches sur les Productions Végétales, Dakar,
23 p.
18. GIRARD, J.C. (1986)
Communication personnelle.
19. HAGGIS M.J., (1986)
Distribution of the African armyworm, *Spodoptera exempta*
(Walker) (Lepidoptera, Noctuidae), and the frequency of larval
outbreak in Africa and Arabia. *Bull. Ent. Res.*, 76 (1) : 151-
170.

20. HARRIS, K.M. (1962)
Lepidopterous stem borers of cereals in Nigeria. Bull. Ent. Res., 53, 1 : 139-171.
21. LAUNOIS, M. (1978)
Modélisation écologique et simulation opérationnelle en acridologie. Applications à *Oedaleus senegalensis* (KRAUSS, 1877). Ministère de la Coopération et GERDAT (Paris), 214 p.
22. LAYA, D. (1975)
A l'écoute des paysans et des éleveurs du Sahel. Environnement Africain, 1, n° 2, p. 53-101. Ed. IDEP, Dakar.
23. LAPORTE, B. (1977)
Note concernant des Melicleptriinae dont les chenilles sont mineuses des chandelles de mil au Sénégal. Agro. Trop., 32, 4, p. 429-432.
24. LECOCQ, M., (1978)
Les problèmes sauteriaux en Afrique soudano-sahélienne. Agro. Trop. 33 (3) : 241-258.
25. N'DOYE, Mb. (1978)
Données nouvelles sur la biologie et l'écologie au Sénégal de la chenille poilue du Niébé *Amsacta moloneyi* Drc. (Lepidoptera Arctiidae). I. Voltinisme et dynamique des populations. Cah. ORSTOM, sér. Biol. vol XIII, n° 4, 321-331.
26. N'DOYE, Mb. (1979).
L'entomofaune nuisible au mil à chandelle (*Pennisetum typhoides*) au Sénégal. In : "Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical", Marseille, France, 13-16 Mars, p. 515-528, Chambre de Commerce et d'Industrie, Marseille.
27. SOUMANA, I., 1974
Rapport d'activité du Laboratoire de Radio-isotopes au cours de l'année 1973. Ronéo, 16 p., IRAT, Paris
28. VAN DILLEWIJN, C. (1960)
Botanique de la canne à sucre. Ed. VEENMAN et ZONEN, WAGENINGEN, Hollande, 391 p. (Traduction française par le Centre Technique de la Canne et du Sucre de la Guadeloupe et de la Martinique).
29. VERCAMBRE, B. (1978)
Raghuva spp. et *Masalia* sp., chenilles des chandelles de mil en zone sahélienne. Agro. Trop., 33, 1, 62-79.
30. VERCAMBRE, B. (1982)
Les chenilles des chandelles (*Raghuva* spp., *Masalia nubila* Hamps., Lepidoptera, Noctuidae), importants ravageurs du mil en zone sahélienne. Thèse présentée à l'Université de Paris Sud, Centre d'Orsay, 186 p.

DISCUSSION

MATHYS : Avez-vous étudié l'effet de l'enrobage des semences sur les borers ?

VERCAMBRE : Non, seulement l'application de granulés (Carbofuran). Que ce soit sous cette forme ou l'utilisation des pulvérisations régulières, les traitements insecticides n'ont jamais montré de gain de rendement en ce qui concerne le foreur des tiges Acigona ignefusalis par des semis précoces et groupés.

ABDOULKARIM M. : a) Pouvez-vous donner des précisions sur les différents modèles de pièges utilisés au moment de vos travaux à Bambey. b) Des précisions aussi sur la longueur du temps (durée) du piégeage par jour.

VERCAMBRE : a) Le repérage des vols d'adultes s'est effectué à l'aide de pièges lumineux dont deux types ont été utilisés :

1) Piège à gaz composé d'un demi-fût de 200 litres en tôle pontée sur un trépied. Le fût est abrité par un long toit cône en zinc protégeant de la pluie le système lumineux constitué d'une bouteille de gaz et d'un tube portant la lampe à manchon incandescent (système Camping Gaz R). Le fond de la cuve contient de l'eau additionnée de détergent. La lampe se situe à 1,70 m du sol. Une recharge de gaz permet une autonomie de 2 à 3 semaines pour une durée de fonctionnement de 10-12 heures par jour.

2) Piège lumineux avec une lampe à ultra-violet montée sur une batterie de 12 volts. Une lampe de 20 watts munie de son ballast étant déposée au centre de 2 cadres d'aluminium placés en croix. Dans les rainures du cadre étaient glissées 4 plaques en plexiglass (60 x 30 cm chacune). Un grand entonnoir en zinc, muni de montants métalliques supportant le dispositif et conduisant les insectes dans une cage cubique (adultes vivants).

b) Piégeage de 18h00 du soir à 6h00 du matin.

PIERRARD : De quelle manière envisagez-vous l'augmentation des populations du trichogrammes pour lutter contre la chenille mineuse des chandelles de mil et qu'en est-il de sa rentabilité ?

VERCAMBRE : De manière analogue aux méthodes utilisées en Europe contre la pyrale du maïs (Ostrinia nubilalis) : lâchers inondatifs à un moment opportun après suivi du vol des adultes et le dépôt des pontes.

Il s'agit d'une proposition dont il n'a pas été établi le degré de fiabilité économique. Il s'agit toutefois de cultures vivrières et ce seul critère n'est peut être pas déterminant.

MAZARI : Vous avez parlé d'une fourmi s'attaquant à la chenille du mil ; quel est son nom scientifique ?

VERCAMBRE : Je ne sais pas.